

Державний вищий навчальний заклад
Донецький національний технічний університет
Кафедра електронної техніки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. першого проректора

_____ Леонід БАЧУРІН

«_____» _____ 202_ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОК21 МЕРЕЖНЕ ПРОГРАМУВАННЯ ТА АДМІНІСТРУВАННЯ

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Рівень освіти: перший (бакалаврський)

Спеціальність (ості) **122 Комп'ютерні науки**

(шифр і назва спеціальності)

Освітня програма **«Комп'ютерні науки»**

(назва освітньої програми)

Мова навчання: українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Мережне програмування та адміністрування» для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

30 серпня 2023 року. – 11 с.

Розробники:

Шамаєв В.В., доцент, к.т.н., доцент кафедри ЕТ

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Електронної техніки

Протокол № 1 від “5” вересня 2023р.

Завідувач кафедрою Електронної техніки

(підпис)

(Ковальов С.О.)
(прізвище та ініціали)

5.09.2023 р.

Схвалено науково-методичною комісією галузі знань 12 Інформаційні технології

Протокол № ____ від “ ” вересня 2023 р. Голова _____
(підпис)

(Башков Є.О.)
(прізвище та ініціали)

1. Загальна інформація

Форма навчання	Денна
Статус	Обов'язкова
Обсяг в кредитах ЄКТС	6
Обсяг в годинах за навчальним планом, разом: в тому числі:	180
лекції:	48
практичні заняття:	-
лабораторні заняття:	32
семінари:	-
індивідуальне завдання	-
самостійна робота:	100
Форма підсумкового контролю	Іспит
Дисципліну викладають	Викладач: Шамаєв В.В. https://donntu.edu.ua/kita/kafedra-et,vitalii.shamaev@donntu.edu.ua

Передумови для вивчення дисципліни: успішному вивченню дисципліни «Мережне програмування та адміністрування» сприяє попереднє опанування такими дисциплінами, як «Програмування», «Об'єктно-орієнтоване програмування».

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Дисципліна «Мережне програмування та адміністрування» має своєю метою формування знань та вмінь студента в області основ організації систем передачі даних, мережевих протоколів і стандартів на обчислювальні мережі із практичними навичками побудови локальних мереж.

Компетентності:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК6. Здатність удосконалювати свої навички на основі аналізу попереднього досвіду.

ФК9. Здатність реалізувати багаторівневу обчислювальну модель на основі архітектури клієнт-сервер, включаючи бази даних, знань і сховища даних, виконувати розподілену обробку великих наборів даних на кластерах стандартних серверів для забезпечення обчислювальних потреб користувачів, у тому числі на хмарних сервісах.

ФК13. Здатність до розробки мережевого програмного забезпечення, що функціонує на основі різних топологій структурованих кабельних систем, використовує комп'ютерні системи і мережі передачі даних та аналізує якість роботи комп'ютерних мереж.

ФК14. Здатність застосовувати методи та засоби забезпечення інформаційної безпеки, розробляти й експлуатувати спеціальне програмне забезпечення захисту інформаційних ресурсів об'єктів критичної інформаційної інфраструктури.

Програмні результати навчання:

ПРН13. Володіти мовами системного програмування та методами розробки програм, що взаємодіють з компонентами комп'ютерних систем, знати мережні технології, архітектури комп'ютерних мереж, мати практичні навички технології адміністрування комп'ютерних мереж та їх програмного забезпечення.

ПРН15. Розуміти концепцію інформаційної безпеки, принципи безпечного проектування програмного забезпечення, забезпечувати безпеку комп'ютерних мереж в умовах неповноти та невизначеності вихідних даних.

3. Очікувані результати навчання

Основними результатами опанування дисципліни **«Мережне програмування та адміністрування»** є:

- знання основних засобів мережевого устаткування, їхніх характеристик і сфер використання;
- знання призначення, особливостей функціонування і концепцій побудови локальних комп'ютерних мереж;
- використання основних технологій локальних комп'ютерних мереж із урахуванням особливостей їхнього застосування;
- знання принципів організації і функціонування глобальних комп'ютерних мереж і ключових послуг, що надаються користувачам такою мережею;
- визначення складу і типового призначення основних програмних засобів, що забезпечують ефективну і безперебійну роботу сучасних мережних комп'ютерних технологій, в тому числі й розподілених систем.

Внаслідок вивчення курсу студенти повинні вміти:

- обирати і пояснювати вибір моделі побудови проекрованої комп'ютерної мережі, мережевої архітектури, типу кабельної системи, конфігурації мережевого устаткування, необхідного для забезпечення нормальної роботи мережі;
- проектувати карту-схему та розраховувати вартість монтажу та експлуатації спроектованої комп'ютерної мережі;
- налагоджувати мережеве устаткування відповідно до обраної топології, ліній зв'язку та устаткування мережі;
- виявляти ключові неполадки та недоліки існуючих мереж та запропонувати найпростіші та найшвидші шляхи їх усунення.

4. Засоби діагностики результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання можуть бути:

- іспит;
- лабораторні (практичні) роботи;
- презентації результатів виконаних завдань.

5. Критерії оцінювання результатів навчання

Критерії оцінювання мають формулювати порядок оцінювання під час поточного контролю (за результатами лабораторних (практичних) занять, виконання індивідуальних завдань) та підсумкового контролю.

Поточний контроль за лабораторними роботами (денна форма)								Іспит	Сума балів
Лр 1	Лр 2	Лр 3	Лр 4	Лр 5	Лр 6	Лр 7	Лр 8		
5	5	5	5	5	5	5	5		
3	3	3	3	3	3	3	3	60	100
									84

Примітки: 1) Лр1, Лр2 ...Лр6 лабораторні роботи;

2) У числівнику максимальний бал – при своєчасному та правильному виконанні, у знаменнику – мінімальний (при правильному, але несвоєчасному виконанні)

Відповідність між шкалами встановлюється наступним чином:

Оцінка	
За 100-бальною шкалою	Для екзамєну, курсового проекту(роботи), практики, диференційованого заліку, кваліфікаційного екзамєну, випускної кваліфікаційної (дипломної) роботи (проекту)
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

6. Програма навчальної дисципліни

6.1. Основні теми дисципліни

Тема 1. Топології локальних мереж та модель OSI.

визначення локальної мережі, відмінні ознаки локальної мережі, недоліки локальних мереж, базова термінологія, фактори працездатності мережі, топології локальних мереж, переваги і недоліки топологій шина, зірка, кільце, термінатори, репітери, подвійне кільце, порівняння топологій, визначення та рівні моделі OSI, взаємодія рівнів, інкапсуляція і декапсуляція, PDU (Protocol Data Unit), модель TCP-IP (DOD), рівні моделі DOD, розподіл протоколів

Тема 2. Дротові лінії зв'язку.

типи ліній зв'язку в локальних мережах, основні параметри кабелів, стандарти на кабелі, кабелі на основі кручених пар, категорії кабелів UTP, параметри кабелів UTP, роз'єми для кручених пар, зовнішні оболонки кабелів, затримка розповсюдження сигналу, коаксіальні кабелі, переваги і недоліки коаксіальних кабелів, типи і підключення коаксіальних кабелів, оптоволоконні кабелі, переваги і недоліки оптоволоконних, одномодовий кабель, багатомодовий кабель, порівняння засобів комунікації.

Тема 3. Бездротовий зв'язок.

діапазони електромагнітного спектра, радіодіапазон, інфрачервоні хвилі, видиме світло, поширення електромагнітних хвиль, коротка історія WLAN, базові стандарти IEEE 802.11, топологія WLAN, механізм доступу до середовища (DCF і PCF), технології фізичного рівня, що становлять фізичного рівня, частотні канали і методи поділу середовища, коди Баркера, стрибкоподібне перебудова частоти (FHSS), розширення спектра методом прямої, послідовності (DSSS), комплементарні коди (ССК), двійкове пакетне звертчне кодування (PBCC), мультиплексування з поділом по ортогональних частотах (OFDM).

Тема 4. Кодування інформації, призначення и структура кадрів.

поширені коди передачі інформації, код без повернення до нуля (NRZ), переваги і недоліки коду NRZ, код з поверненням до нуля (RZ), манчестерський код, біфазної код, диференційний біфазної код, інші різновиди кодів, код 8B / 6T, код NRZI, код MLT-3, аналогове кодування, амплітудна модуляція, частотна модуляція, фазова модуляція, пакети (кадри), структура пакета, багаторівнева інкапсуляція, адресація пакетів, MAC-адресація.

Тема 5. Методи управління обміном. Метод доступу CSMA/CD.

методи управління обміном, централізовані і детерміновані методи, випадкові методи, управління обміном в мережі з топологією зірка, централізований метод з пасивним або активним центром, управління обміном в мережі з топологією шина, децентралізовані методи в шині, децентралізований кодовий пріоритетний метод, методи CSMA/CD і CSMA/CA, загальні особливості випадкових методів, управління обміном в мережі з топологією кільце, алгоритм маркерного доступу, центральний хост при маркерному доступі, послідовність обміну і колізії, часові і логічні параметри, алгоритми передачі і прийому кадру, jam-послідовність, домен колізій, час подвійного обороту, продуктивність мережі, усічена бінарна експоненціальна затримка, недоліки при великому навантаженні, основні функціональні параметри IEEE 802.3.

Тема 6. Функції и протоколи канального рівня.

Основні процеси канального рівня, процедури передачі даних, дейтаграмна передача, передача з встановленням з'єднання, типи кадрів в процедури передачі даних, методи гарантії доставки кадрів, метод з простоями, метод «ковзного вікна», виявлення помилок, контроль за паритетом, циклічний надлишковий контроль, технологія Fast Ethernet, кодування і схема автоперемов, наведені цифри щодо, Gigabit Ethernet, проблеми сумісності основні технічні проблеми, засоби забезпечення діаметра мережі, стандарти і принципи побудови мереж, робочі параметри 10Gb Ethernet, сімейство технологій 10GBASE, реалізації 10Gb Ethernet, протокол 100VG-AnyLan, протокол Token Ring, принцип дії Token Ring, активний монітор, пріоритети кадрів, протокол FDDI, первинне і вторинне кільце FDDI, протоколи SLIP і PPP.

Тема 7. Механізм адресації в IP-мережі.

типи адрес в стеці TCP/IP, апаратні адреси, мережеві IP-адреси, доменні імена, формат IP-адреси, адреса мережі та адреса вузла, класи IP-адрес, зарезервовані адреси, використання масок, механізм розбиття на підмережі, розподіл адрес, нераціональний розподіл та дефіцит адрес, безкласова міждоменна маршрутизація (CIDR), адресація при використанні CIDR, алгоритм і протокол дозволу адрес (ARP), інкапсуляція ARP-повідомлень в кадр, ARP-таблиці, система доменних імен, зберігання імен на DNS-серверах, рекурсивна і нерекурсивними схема дозволу, протокол DHCP, режими роботи DHCP, ручне та автоматичне призначення статичних адрес, автоматичний розподіл динамічних адрес, недоліки DHCP

Тема 8. Базове мережеве обладнання.

мережеві адаптери, основні мережеві функції, передача і прийом пакета в мережу, концентратор, типи концентраторів, додаткові функції концентраторів, багатосегментні концентратори, управління за протоколом SNMP, конструктивне виконання концентраторів, мости, алгоритми роботи мостів, алгоритм прозорого моста, алгоритм моста з маршрутизацією від джерела, обмеження топології на прозорих мостах, комутатори, загальна структурна схема комутатора, класифікація комутаторів, комутатори на основі комутаційної матриці, комутатори із загальною шиною, комутатори з пам'яттю, комбіновані комутатори, повнодуплексний і напівдуплексний режими, додаткові функції комутаторів, основні характеристики комутаторів, віртуальні локальні мережі (VLAN), маршрутизатори, рівень інтерфейсів, рівень мережевого протоколу, рівень протоколу маршрутизації, класи маршрутизаторів за призначенням

Тема 9. Основи маршрутизації.

Internet Protocol, формат заголовку IP-пакета, елементи заголовку IP-пакета, таблиці маршрутизації, елементи таблиці маршрутизації, прапори в таблиці Unix-маршрутизатора, додаткові параметри таблиць маршрутизації, алгоритм маршрутизації без масок, джерела записів в таблицях маршрутизації, маршрутизація з масками однакової довжини, алгоритм маршрутизації з масками, маршрутизація з масками змінної довжини, розподіл адресного простору, що перекриваються адресні простори, безкласова міждоменна маршрутизація CIDR, переваги CIDR

Тема 10. Транспортні протоколи та фрагментація пакетів.

фрагментація пакетів, значення MTU для різних технологій, параметри і особливості фрагментації, етапи фрагментації і збірки, протокол IPv6, система адресації, типи адрес, приватні адреси, глобальний агрегуємий унікальну адресу, Top-Level Aggregation (TLA), Next-Level Aggregation (NLA), Site-Level Aggregation (SLA), ідентифікатор інтерфейсу, перетворення IPv4 в IPv6, заголовки в IPv6, типи додаткових заголовків в IPv6, способи зниження навантаження на маршрутизатори, протоколи TCP і UDP, порти, демультимплексування в UDP, TCP-сегменти, заголовок TCP-сегмента, логічні з'єднання, демультимплексування, квотування, буфери в TCP, вікна прийому в протоколі, накопичення квитанцій в протоколі, час очікування квитанції, управління вікном прийому

Тема 11. Алгоритми та протоколи маршрутизації.

лавинна маршрутизація, маршрутизація на події, статична маршрутизація, адаптивна маршрутизація, протоколи маршрутизації, вимоги до адаптивних протоколів, дистанційно-векторні алгоритми (DVA), алгоритми стану зв'язків (LSA), зовнішні і внутрішні протоколи, зовнішній шлюзовий протокол (EGP), внутрішніми шлюзовими протоколами (IGP), протокол RIP, етапи побудови таблиці маршрутизації в протоколі RIP, адаптація до змін стану мережі, способи закінчення часу життя та вказівки нескінченного відстані, протокол OSPF, боротьба з помилковими маршрутами, побудова графа зв'язків, знаходження оптимального маршруту, коригування таблиць маршрутизації, зв'язку і метрики в протоколі OSPF, протокол BGP, протокол ICMP, інкапсуляція і формат ICMP-повідомлення, формат луна-запиту і луна-відповіді, процедура traceroute

Тема 12. Трансляція адреса та якість обслуговування.

якість обслуговування в IP-мережах, механізми профілювання і формування трафіку, алгоритм відра маркерів, випадкове попереднє виявлення, інтегроване обслуговування (IntServ), резервування по протоколу RSVP, етапи процедури резервування, повідомлення протоколу RSVP, диференційоване обслуговування (DiffServ), ToS- і DS-байти, DiffServ-домени і SLA, два варіанти обслуговування в PNB, сервіси на основі варіантів обслуговування, трансляція мережевих адрес (NAT), базова трансляція мережевих адрес, трансляція мережевих адрес і портів, проксі-сервер, способи реалізації проксі-сервера, кешування даних на проксі-серверах, Internet Cache Protocol

Тема 13. Огляд протоколів стеку TCP/IP.

Віддалений доступ по telnet, протокол передачі файлів (FTP), клієнти і сервери FTP, пасивний і активний режими, тривіальний FTP, простий протокол передачі пошти (SMTP), обробка пошти по заданим критеріям, недоліки протоколу POP3, протокол IMAP, мережева файлова система NFS, механізм блокування NLM, протокол SNMP, база керуючої інформації MIB, протокол передачі гіпертексту (HTTP), запити і відповіді HTTP, HTTP-заголовки, проксі-сервера, шлюзи, і тунелі, ієрархічні проксі-сервери, віртуальні хости, багатоцільові розширення електронної пошти (MIME), URL, URI, агенти користувачів (user agents).

Тема 14. Основи мережевої безпеки.

Огляд найбільш важливих стандартів і специфікацій в області інформаційної безпеки, основні ідеї, функціональні вимоги безпеки, вимоги довіри безпеки, профілі захисту на основі "Загальних критеріїв", загальні вимоги до сервісів безпеки, приватні вимоги до сервісів безпеки, приватні вимоги до комбінаціям і додатків сервісів безпеки, рекомендації сімейства X.500, специфікації Internet-спільноти IPsec, специфікація Internet-спільноти TLS, специфікація «Узагальнений прикладний програмний інтерфейс служби безпеки», специфікація «Керівництво з інформаційної безпеки підприємства», британський стандарт BS 7799, вимоги безпеки для криптографічних модулів

Тема 15. Адміністрування мереж

завдання і цілі мережевого адміністрування, поняття про мережевих протоколах і службах, мережеві операційні системи, протокол TCP/IP в операційній системі, служба DNS, служба каталогів Active Directory, служба файлів і друку, мережеві протоколи і служби, служба резервного копіювання, резервне копіювання і відновлення даних, управління сервером, консоль управління MMC, протокол віддаленого робочого стола, перегляд зареєстрованих системою подій, відстеження певних видів подій, моніторинг продуктивності, моніторинг мережевої активності, моніторинг мережевих протоколів і служб.

Тема 16. Технології глобальних мереж.

поняття і визначення глобальних мереж, передача даних з використанням виділених ліній, аналогові виділені лінії, цифрові аналогові лінії, протоколи канального рівня для виділених ліній, побудова обчислювальних мереж на основі телефонних мереж з комутацією каналів, використання аналогових телефонних мереж, ISDN як спроба об'єднання телефонних і комп'ютерних мереж, комп'ютерні глобальні мережі з комутацією пакетів, мережі X. 25, мережі Frame Relay, технологія ATM, основні принципи технології ATM, стек протоколів ATM, співіснування ATM з традиційними технологіями

6.2. Теми практичних (семінарських) занять

Не передбачено навчальним планом

6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	ЛР 1 – Мережні пристрої і засоби комунікацій (тема 2)	4
2	ЛР 2 – Конфігурування мереж Ethernet та Fast Ethernet (тема 5)	4
3	ЛР 3 – Адресація і маршрутизація в IP-мережах (тема 7)	4
4	ЛР 4 – Середовище Cisco Packet Tracer та операційна система IOS (тема 8)	4
5	ЛР 5 – Статична та динамічна маршрутизація (тема 9)	4
6	ЛР 6 – Адресація CIDR та маски VLSM (тема 10)	4
7	ЛР 7 – Списки керування доступом ACL (тема 11)	4
8	ЛР 8 – Перетворення мережних адрес NAT (тема 12)	4
Усього годин		32

Примітка: Згідно з наказом №394 від 09.09.2022 р. п.5, тимчасово проводиться заміна лабораторних робіт, передбачених навчальним планом, практичними.

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Топології локальних мереж та модель OSI.	6
2	Дротові лінії зв'язку.	6
3	Бездротовий зв'язок.	6
4	Кодування інформації, призначення і структура кадрів.	6
5	Методи управління обміном. Метод доступу CSMA/CD.	6
6	Функції і протоколи канального рівня.	6
7	Механізм адресації в IP-мережах.	6

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми</i>	<i>Кількість годин</i>
8	Базове мережеве обладнання.	6
9	Основи маршрутизації.	8
10	Транспортні протоколи та фрагментація пакетів.	8
11	Алгоритми та протоколи маршрутизації.	6
12	Трансляція адрес та якість обслуговування.	6
13	Огляд протоколів стеку TCP/IP.	6
14	Основи мережевої безпеки.	6
15	Адміністрування мереж.	6
16	Технології глобальних мереж.	6
	Усього годин	100

6.5. Індивідуальні та/або групові завдання

Навчальним планом не передбачено

7. Література

7.1. Основна

- 1) Хомуляк М.О. Адміністрування комп'ютерних систем і мереж. / Навч. посібник для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія. // Вид.: Магнолія, 2023, 154 с.
- 2) Tanenbaum A., Wetherall D. Computer Networks, 6th Edition. – 2021.
- 3) Комп'ютерні мережі. Частина 1 / Навч. посібник. Жураковський Б., Зенів І.// Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 336 с.
- 4) Тарнавський, Ю. А. Організація комп'ютерних мереж [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 122 «Комп'ютерні науки» / Ю. Тарнавський, І. Кузьменко; // Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 259 с.
- 5) Kurose J., Ross K. Computer Networking: A Top-Down Approach, 7th Edition. – 2017.
- 6) Мельник В.М., Ройко О.Ю. Мережеве програмування в середовищах операційних систем UNIX та Linux: частина перша. Навчальний посібник, – Луцьк. – «Вежа друк», 2017. – 192 с. ISBN 978-966-940-074-1
- 7) Мельник В.М., Ройко О.Ю. Мережеве програмування в середовищі операційної системи Windows: частина друга. Навчальний посібник, – Луцьк. – «Вежа друк», 2017. – 340 с. ISBN 978-966-940-093-2

7.2. Допоміжна

- 1) Тарнавський, Ю. А. Організація комп'ютерних мереж [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 122 «Комп'ютерні науки» / Ю. Тарнавський, І. Кузьменко; // Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 259 с.

- 2) Основи адміністрування LAN у середовищі MS Windows. / Демида Б.А. та ін. // Вид.: Львівська політехніка., 2013, 488 с.
- 3) Stallings W. Data and Computer Communications 10th - Pearson, 2013. – 912 p.
- 4) Буров Є. Комп'ютерні мережі. – Львів, 2004.- 196 с.
- 5) Азаров О.Д., Захарченко С.М., Кадук О.В., Орлова М.М., Тарасенко В.П. - Комп'ютерні мережі : навчальний посібник. Вінниця, ВНТУ, 2013 – 371с.
- 6) Березко Л.О., Троценко В.В.. Комп'ютерна мережа Ethernet масштабу будинку: Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Комп'ютерні мережі». – Львів: в-во НУ «Львівська політехніка», 2004. – 37 с.
- 7) Larry L. Peterson, Bruce S. Davie. Computer Networks: A Systems Approach / The Morgan Kaufman series in Networking – 1999. – 776 p.

7.3. Методична

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Мережне програмування та адміністрування» для студентів спеціальності 122 Комп'ютерні науки усіх форм навчання. / укладач: В.В. Шамаєв. – Луцьк: ДонНТУ, 2023. – 73 с. <http://ea.donntu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/34579>
2. Цололо С.О., Дікова Ю.Л. Методичні вказівки до виконання курсового проекту за дисципліною «Комп'ютерні мережі» для студентів освітнього ступеню «бакалавр» спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія – Покровськ: ДонНТУ, 2020. – 96 с. <http://ea.donntu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/32784>

8. Інформаційні ресурси

- 1) Системне та мережне програмування. Об'єкти. Менеджер об'єктів. Реєстр. <https://learn.ztu.edu.ua/mod/book/view.php?id=27881&chapterid=175>
- 2) Адміністрування комп'ютерних мереж та операційних систем <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/24567>
- 3) Мережне програмування та системне адміністрування. https://www.youtube.com/watch?v=o7zflHcUT8g&ab_channel=WorldskillsUkraine
- 4) Системне програмування <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/19696/1/8.pdf>
- 5) Комп'ютерні мережі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dokanet.net/>.
- 6) Комп'ютерні мережі: багаторівнева архітектура Інтернету [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.alkor94.kz/>.
- 7) Ethernet LAN architecture [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.linfo.org/ethernet.html.
- 8) Network topologies [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pctechguide.com/networking/network-topologies>.
- 9) Комп'ютерні інформаційні мережі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ami.lnu.edu.ua/course/kompyuterni-informatsijni-merezhi-informatyka>.